

УДК 621.453/.457

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА С КАНАЛОМ ЗВЕЗДООБРАЗНОГО СЕЧЕНИЯ

Морель Д. А., Арсентьева М. В.

Тульский государственный университет, г. Тула

При проектировании энергетических установок летательных аппаратов (ЛА) требуется обеспечение заданного характера изменения тяги во времени, которое полностью соответствует характеру изменения давления в камере сгорания. Закон изменения давления в камере, а следовательно, и тяги двигателя определяется геометрией топливного элемента (ТЭ). В том случае, если динамикой полета ЛА не требуется изменение тяги в широком диапазоне, то значительное изменение давления газов в процессе горения ТЭ также является нежелательным.

К числу форм зарядов, обеспечивающих постоянство поверхности горения, относится ТЭ с каналом звездообразной формы. Основным достоинством такой формы ТЭ является надежная защита стенок камеры сгорания от воздействия высокотемпературных продуктов сгорания топлива.

Алгоритм автоматизированного проектирования топливного элемента с каналом звездообразного сечения приведен в работе [1], согласно которому разработана программа, позволяющая определить геометрические размеры топливного элемента со звездообразным каналом. Программа строит геометрию спроектированного заряда и рассчитывает координаты узлов внешнего и внутреннего контура «звезды». Сохранение координат узлов в текстовый файл производится в формате, позволяющем считать его в программе визуализации Viz2. Созданный таким образом контур сечения топливного элемента дискретизируется далее на конечные элементы и создается расчетная сетка, позволяющая провести моделирование горения заряда в программе Sgor2 и определить зависимость поверхности горения от толщины сгоревшего свода топлива. В случае невозможности дискретизации исходного контура спроектированного заряда из-за острых углов «звезды» используется экспортирование файла геометрии со скругленными углами в формате .dxf из программы AutoCAD в Viz2.

В работе проведено исследование влияния начальной наименьшей толщины горящего свода ТЭ e_1 , числа лучей и величины угла в вершине луча «звезды» на коэффициент заполнения поперечного сечения камеры

$$\varepsilon = \frac{S_{T0}}{F_K},$$

где S_{T0} – начальная площадь торца заряда; F_K – площадь поперечного сечения камеры,

и коэффициенты остатка

$$\Lambda_K = \frac{S_{ocm}}{F_K}; \quad \Lambda_S = \frac{S_{ocm}}{S_{T0}} = \frac{\Lambda_K}{\varepsilon},$$

где S_{ocm} – площадь поперечного сечения дегрессивных остатков после выгорания ТЭ на величину e_1 .

Получено, что большую часть времени спроектированный по изложенной методике заряд имеет практически постоянную поверхность горения с небольшой прогрессивностью, не превышающей 5 % (рис. 1).

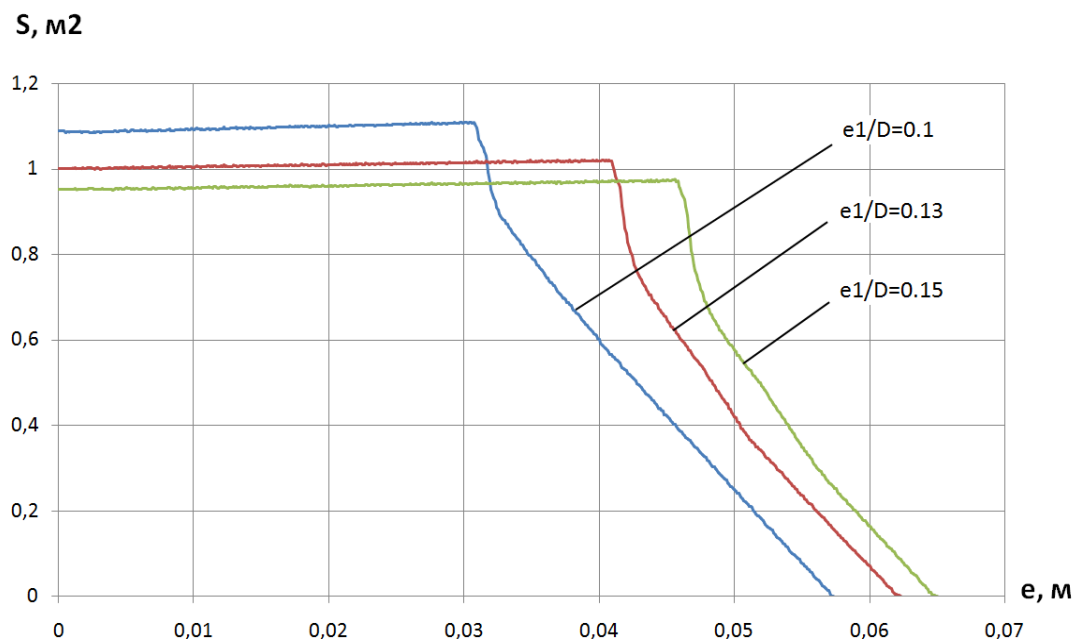


Рис.1. Изменение поверхности горения ТЭ $S(e)$

С увеличением начальной наименьшей толщины горящего свода ТЭ увеличивается коэффициент заполнения поперечного сечения камеры ε и снижается коэффициент остатка Λ_S .

В качестве критерия оптимальности проектируемого ТЭ предлагается следующий:

$$K = \frac{\Delta S}{\Lambda_S},$$

где ΔS – относительное изменение поверхности горения ТЭ до момента образования дегрессивных остатков

$$\Delta S = \frac{|S - S_0|}{S_0},$$

S_0 – начальная поверхность горения ТЭ.

Исследование горения топливных элементов с различным числом лучей и различными значениями углов в вершинах лучей «звезды» позволяют найти оптимальную геометрию заряда.

Представленная методика может использоваться при проектировании двигательных установок твердого топлива.

Библиографический список

1. Морель Д.А. Проектирование топливных элементов со звездообразным каналом // Современные проблемы математики и механики глазами студентов: статьи, тезисы и доклады студентов на региональной научно-технической конференции. Вып.11. Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. С.33-36.
2. Шапиро Я.М., Мазинг Г.Ю., Прудников Н.Е. Теория ракетного двигателя на твердом топливе. М.: Воениздат, 1966. 256 с.